

107070351
BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

EP 00 / 3489



**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 10 AUG 2000
WIPO PCT

EJU
HS

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 199 17 429.6

Anmeldetag: 19. April 1999

Anmelder/Inhaber: Sonident Anstalt, Vaduz/LI

Bezeichnung: Impulsschallwandler

IPC: B 06 B 1/06

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Anmeldung.

München, den 30. Juni 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Nietiedt

P 99/2201

Sonident Anstalt
Landstraße 25
FL-9490 Vaduz / Liechtenstein

Impulsschallwandler

Die Erfindung bezieht sich auf einen Impulsschallwandler im Ultraschallbereich. Solche Wandler werden auf vielen Gebieten der Technik benötigt, wo kurze Impulse notwendig sind. An erster Stelle steht dabei die Defektoskopie, woran sich die Sonographie im medizinischen Bereich anschließt.

Die klassische Konstruktion eines solchen Wandlers besteht aus einer planparallelen Platte aus piezoelektrischem Material, die an den beiden flachen Ober- und Unterseiten Elektroden aufweist, wobei die Platte senkrecht zu den mit Elektroden belegten Seiten polarisiert ist. Diese Platte ist auf einen Block aufgeklebt, der die Ultraschallwelle dämpft und akustische Impedanz hat, die an die Piezoplatte angepaßt ist. An der Austrittsseite sind sogenannte Anpassungsschichten vorgesehen, die eine reflexionsfreie Schallübertragung und im Impulsbetrieb sehr kurze Impulse erzielen lassen. Wandler dieser Art gehören zum bekannten

Stand der Technik, und eine gute Erörterung darüber und der dabei auftretenden Probleme findet sich z.B. in dem Buch von M. G. Silk, Ultrasonic Transducers for Nondestructive Testing, Adam Hilger 1984.

Wandler der bekannten Bauart verlangen eine aufwendige und damit kostspielige Technologie, falls sie wirklich gute Impulse generieren sollen. Ferner sind die bekannten Wandler relativ dick (mindestens 5 mm) und es ist so gut wie unmöglich, sie für Frequenzen zu fertigen, die größer als 30 MHz sind. Auch werden bei Impulsanregung nur relativ lange Pulse erzeugt, die sich nachteilig auf die Messungen auswirken. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß sie sich nicht für automatische Massenanfertigung eignen und auch ihre Parameter nicht in einem engen Toleranzbereich gehalten werden können.

Relativ gute Impulsformen und auch gute Wiederholbarkeit besitzen Wandler mit linsenförmigen Elementarblöcken, jedoch produzieren sie nur schwache Signale und sind im Vergleich zu den klassischen Wandlern erheblich weniger empfindlich. Die gleichen Nachteile wurden auch an Wandlern festgestellt, die durch spezielle Elektrodengestaltung oder inhomogene Polarisierung des Piezoelementes in der Lage sind, relativ kurze Signale zu liefern.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe besteht darin, einen Schallwandler für den Ultraschallbereich zu schaffen, der starke und kurze Impulse aussendet, eine große Empfindlichkeit aufweist und eine Wiederholbarkeit der Parameter bei der Serienherstellung garantiert. Die gestellte Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruches 1 enthaltenen Merkmale des Impulsschallwandlers gelöst.

Der im Längsschnitt T-förmige Block, der Säulen-, Kegel- oder Pyramidenform mit rundem, ovalem oder mehreckigem Querschnitt haben kann, ist so bemessen,

daß eine Dämpfung der Welle erfolgt, die sich ins Innere der Säule bewegt um zu verhindern, daß sie an der freien Säulenwand reflektiert und als eine Nachschwingung nach außen tritt, die die Impulsqualität verschlechtert. Es kann somit auf weitere Dämpfungsmittel verzichtet werden. Außerdem wird die Herstellung als Massenartikel durch den Wegfall von zusätzlichen Dämpfungsmitteln und Klebeverbindungen wesentlich erleichtert. Essentiell für die Erfindung ist die Anformung eines Bundes an den Block zur Bildung der Elementarzelle. Diese Formgebung, die gewählten Proportionen sowie die Anordnung der Elektroden, die an der Austrittsfläche und um den Block herum oberhalb des Bundes angeordnet sind, sind ausschlaggebend für die Grundschwingung, die dadurch dreidimensional gestaltet ist. Es ist auch wichtig, daß infolge der erfindungsgemäßen Konstruktion der Elementarzelle sich das elektrische Feld innerhalb der Elementarzelle schließt und somit ein starker Impuls nach außen gesendet werden kann. Die Grundpolarisationsrichtung des Piezomaterials soll senkrecht zu der Fußfläche, also der Austrittsfläche des Impulses der T-förmigen Elementarzelle verlaufen.

Es wurde festgestellt, daß es besonders vorteilhaft ist, wenn die folgenden Abmessungsverhältnisse eingehalten werden, nämlich $a / b / h = 1 / 4-6 / 10$, wobei a die Dicke des Bundes, b der Durchmesser des Blocks bzw. dessen Breite und h die Höhe der Elementarzelle ist. Die Größenverhältnisse der schallerzeugenden Elementen, hier der Elementarzelle, sind bei allen schallwellenerzeugenden Konstruktionen von ganz besonderer Bedeutung, wie Beispiele aus der Musikwelt zeigen. So erzeugen die Violine, die Bratsche, das Cello und der Kontrabaß aufgrund ihrer unterschiedlichen Größenverhältnisse unterschiedliche Tonhöhen und -tiefen.

Es hat sich ebenfalls gezeigt, daß eine zusätzliche radiale Polarisierung durch Anlegen einer hohen Spannung die Stärke des Impulses verbessert. Höchstwahrscheinlich wirkt sich diese Polarisierung durch die Ausnutzung der zusätzlichen Piezoeffekte vorteilhaft aus.

Weitere Einzelheiten der Erfindung werden anhand der beigefügten Zeichnungen erläutert. Dabei zeigen:

- Fig. 1 eine perspektivische Darstellung der Elementarzelle,
- Fig. 2 den Verlauf des Impulses,
- Fig. 3 das elektrische Feld innerhalb der Elementarzelle.

Figur 1 zeigt die Elementarzelle 1 in perspektivischer Darstellung. Diese besteht aus dem Block 2 und dem daran angeformten Bund 3. Der Bund ragt über den Block heraus. In der gezeigten Darstellung ist die Elementarzelle 1 im Schnitt dreieckförmig gehalten, sie kann aber auch jede andere Form besitzen. Sie kann rund, oval und mehreckig sein, sowie nach oben hin spitz als Kegel oder Pyramide zulaufen. Die eine Elektrode 4 ist an der geraden Austrittsfläche des Impulses angeordnet, während die andere Elektrode 5 sich seitlich entlang dem Block 2 erstreckt. Es ist nicht erforderlich, daß die Elektrode 5 um den ganzen Block herumläuft und auch nicht, daß die untere Elektrode die gesamte untere Fläche bedeckt.

Die Dicke des Bundes ist mit a , die Höhe des Blocks mit b , die Breite des Blocks mit c und die Gesamthöhe der Elementarzelle 1 mit h gekennzeichnet. Der aktive Bereich der Elementarzelle befindet sich im unteren Teil des Blocks und innerhalb des Bundes. Wie schon erwähnt, sind die Proportionen der Elementarzelle von essentieller Bedeutung. Es hat sich dabei gezeigt, daß die Dicke des Bundes im Verhältnis zu der Höhe des Blocks aus piezoelektrischem Material zu der Gesamthöhe,

also $a/b/h$ im Verhältnis $1 / 4 - 6 / 10$ zu halten ist, um optimale Ergebnisse zu erzeugen. Optimale Ergebnisse heißt, daß starke und kurze Impulse ausgesendet werden, und der Wandler eine große Empfindlichkeit aufweist. In Fig. 2 ist die mit dem erfindungsgemäßen Schallwandler erreichte Impulskurve dargestellt.

Die erfindungsgemäße T-Form der Elementarzelle 1 ist von sehr großer Bedeutung, da sie ermöglicht, daß das elektrische Feld zwischen den Elektroden innerhalb der Elementarzelle geschlossen wird. In Fig. 3 ist das Bild des elektrischen Feldes in der Elementarzelle wiedergegeben. Wie daraus ersichtlich, verläuft dieses nur innerhalb der Elementarzelle des Wandlers. Diese Form ermöglicht außerdem eine Volumenschwingung und dazu noch alle nach oben s. Fig. 1 gerichteten Wellen, also entgegen der Impulsaustrittsfläche sich fortpflanzenden Wellen so dämpft, daß sie nicht mehr an dem oberen Ende der Elementarzelle reflektiert werden können.

Von großer Bedeutung sind – wie schon ausgeführt – die Proportionen der Elementarzelle. Das Verhältnis der einzelnen Teile der Elementarzelle ist bereits angegeben worden. Die Höhe der Zelle h soll mindestens 10 mal größer als die der Höhe des Bundes a sein. Die tatsächlichen Abmessungen können beispielsweise folgende Werte haben: $a = 0,2 \text{ mm}$, $b = 1 \text{ mm}$ und $h = 2 \text{ mm}$. Ein solcher Wandler produziert Impulse, die 20 ns lang sind und hat als Empfänger eine Bandbreite von $4 - 35 \text{ MHz}$.

Bei dem erfindungsgemäßen Wandler mit den genannten Proportionen wird die Ultraschallwelle, die in der Zeichnung nach oben geht, total gedämpft. Der komplette Wandler muß nicht dicker als 2 mm sein. Es ist sogar möglich, ihn bedeutend dünner zu machen, wenn die Elementarzelle so konstruiert ist, daß

sie nach oben eine Spitze bildet, die die in diese Richtung gehende Welle vorzeitig ausreichend dämpft.

Von Bedeutung ist es auch, daß bei den gewählten Größenverhältnissen die Komponente des elektrischen Feldes, die zu dem Fuß der Elementarzelle 1, also den Querbalken des T parallel ist, vergleichbar mit der dazu senkrechten Komponente ist.

Infolge dieser Tatsache spielen alle Piezokoeffizienten des Piezomaterials eine im wesentlichen gleichbedeutende Rolle. Es kommt zu einer Volumenschwingung des aktiven Bereichs der Elementarzelle, die durch ihre Form und gezielte Anbringung der Elektroden sowie nachträgliche Polarisierung in der radialen Richtung gestaltbar ist. Die nachträgliche Polarisierung erfolgt nach Fertigstellung des Wandlers bzw. der Elementarzelle durch Anlegen einer relativ hohen Spannung an seine Elektroden. Diese Schwingungsart ermöglicht offensichtlich eine bessere Nutzung des Piezoeffektes und beeinflusst auch die Dämpfung der nach hinten gehenden Welle.

Die Eigenschaften des erfindungsgemäßen Wandlers werden dabei nur durch die Eigenschaften des gewählten piezoelektrischen Materials und die Präzision der Formgebung der Elementarzelle bestimmt, d. h. mit anderen Worten, der erfindungsgemäße Wandler läßt sich mit sehr guter Wiederholbarkeit herstellen. Wandler dieses Typs können eine oder mehrere Elementarzellen enthalten, die miteinander verbunden werden können.

Der erfindungsgemäße Wandler ist in der Lage sehr kurze und sehr starke Impulse zu produzieren, die mit anderen Wandlerkonstruktionen nicht erreichbar sind. Die Amplitude der produzierten Impulse ist mindestens zweimal größer als bei den

klassischen Wandlern. Seine Empfindlichkeit ist mit den klassischen Konstruktionen vergleichbar. Der erfindungsgemäße Wandler läßt sich aber mit erheblich niedrigeren Kosten herstellen und überall dort einsetzen, wo auch klassische Wandlertypen verwendet werden können.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß mit dem erfindungsgemäßen Wandler im Vergleich zu anderen nicht klassischen Konstruktionen eine erhebliche Steigerung der Effektivität erreicht werden kann, da keine Verluste des elektrischen Feldes nach außenhin auftreten und alle unerwünschten Schallwellen einer fast vollständigen Dämpfung unterworfen werden, ohne daß dazu eine große Keramikdicke oder andere Dämpfungskörper benutzt werden müßten. Im Vergleich zu den klassischen Konstruktionen ist die Impulslänge kürzer und die Amplitude größer. Keine der bekannten Konstruktionen ist leichter zu fertigen.

-Patentansprüche-

Patentansprüche

- 1.) Impulsschallwandler für den Ultraschallbereich zum Einsatz sowohl als Sender wie auch als Empfänger mit einem Elementarblock aus piezoelektrischem Material,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Höhe des aus piezoelektrischem Material bestehenden Elementarblocks des Wandlers größer ist als dessen Breite und der Block am Austrittsende der Impulse einen angeformten Bund derart aufweist, daß eine glatte Austrittsfläche für die Schallwelle gebildet ist und im Längsschnitt eine T-Form entsteht, wobei die Grundpolarisation senkrecht zur Austrittsfläche verläuft und die eine Elektrode auf der Austrittsfläche vorgesehen ist, während die andere oberhalb des Bundes an dem Block verläuft.
- 2.) Impulsschallwandler nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Block als runde oder mehreckige Säule, Kegel oder Pyramide ausgebildet und der Bund entsprechend angepaßt ist.
- 3.) Impulsschallwandler nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Proportion der Elementarzelle wie folgt gewählt ist:
 $a/b/h = 1 / 4-6/10$, wobei a die Dicke des Bundes ist, b der Durchmesser oder die Breite des Blocks und h die Höhe der gesamten Zelle.

- 4.) Impulsschallwandler nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Elementarzelle nach der Formgebung einer zusätzlichen radialen Polarisierung durch Anlegen einer hohen Spannung ausgesetzt wird.
- 5.) Impulsschallwandler nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 - 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Wandler aus mehreren Elementarzellen zusammengesetzt ist, wobei den Zellen um die Säulen oder dgl. längliche Gebilde Elektroden zugeordnet sind, jedoch die Gesamtheit der Zellen eine Elektrode an der Gesamtaustrittsfläche der Pulse aufweist.

Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Impulsschallwandler im Ultraschallbereich. Wandler der bekannten Bauart verlangen aufwendige und damit kostspielige Technologie, falls sie wirklich gute Impulse generieren sollen. Aufgabe der Erfindung ist, ein Schallwandler für den Ultraschallbereich zu schaffen, der starke und kurze Impulse aussendet, eine große Empfindlichkeit aufweist und eine Wiederholbarkeit der Parameter garantiert. Diese Aufgabe wird durch einen Schallwandler für den Ultraschallbereich zum Einsatz sowohl als Sender wie auch als Empfänger mit einem Elementarblock aus piezokeramischem Material erreicht, wobei die Höhe des aus piezoelektrischem Material bestehenden Elementarblocks größer ist als dessen Breite und der Block am Austrittsende der Impulse einen angeformten Bund aufweist, so daß der Elementarblock im Längsschnitt eine T-Form aufweist, wobei die eine Elektrode auf der Austrittsfläche vorgesehen ist, während die andere oberhalb des Bundes an dem Block verläuft.

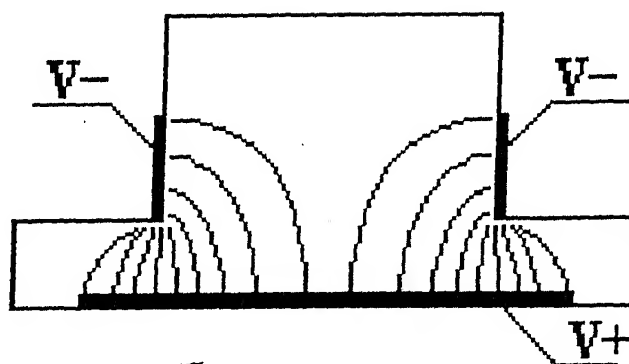


Fig 3

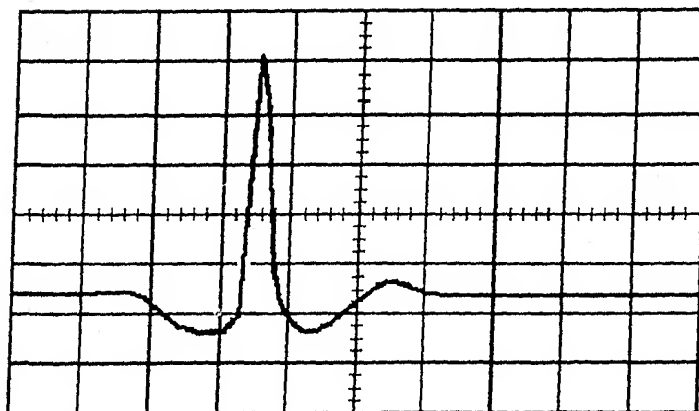


Fig.2